



СУЧАСНИЙ УНІВЕРСИТЕТСЬКИЙ  
ПІДРУЧНИК

Л. Д. МАСЛЕННІКОВА  
С. В. ІВАНОВ  
Ф. Г. ФАБУЛЯК  
З. В. ГРУШАК

# ФІЗИКО-ХІМІЯ ПОЛІМЕРІВ

Л. Д. Масленнікова, С. В. Іванов,  
Ф. Г. Фабуляк, З. В. Грушак

# ФІЗИКО-ХІМІЯ ПОЛІМЕРІВ

*Затверджено Міністерством освіти і науки України  
як підручник для студентів вищих навчальних закладів,  
які навчаються за спеціальностями  
«Хімічна технологія високомолекулярних сполук»  
та «Технологія переробки полімерів»*

Київ  
Видавництво  
Національного авіаційного університету «НАУ-друк»  
2009



УДК 678.5:542(075.8)  
ББК Г7я7  
Ф 503

*Тиражувати  
без офіційного дозволу НАУ забороняється*

**Рецензенти:**

**Ю. Ю. Керча** — д-р хім. наук, проф., чл.-кор. НАН України  
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України)

**В. Г. Сиромятніков** — д-р хім. наук, проф.  
(Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

**А. Г. Данилкович** — д-р техн. наук, проф.  
(Київський національний університет  
технологій та дизайну)

*Гриф надано Міністерством освіти і науки України  
(Лист № 1.4/18-Г-1785 від 11.07.2008)*

**Фізико-хімія полімерів** : підруч. / Л. Д. Масленнікова, С. В. Іванов, Ф. Г. Фабуляк, З. В. Грушак. — К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. — 312 с.

ISBN 978-966-598-568-6

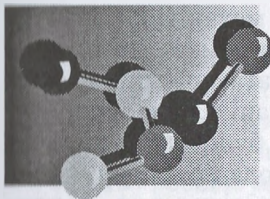
Викладено основні закономірності фізико-хімії полімерів. Розглянуто полімери і полімерні сполуки, фазові стани і фазові переходи в полімерах, високоеластичний стан полімерів і їх перехід в інші агрегатні стани. Висвітлено деформацію полімерів і їхні механічні властивості та реологію полімерів у текучому стані, а також електричні та діелектричні властивості полімерів.

Для студентів спеціальностей «Хімічна технологія високомолекулярних сполук» та «Технологія переробки полімерів», може бути корисний магістрам і аспірантам при виконанні наукових праць.

УДК 678.5:542(075.8)  
ББК Г7я7

ISBN 978-966-598-568-6

© Масленнікова Л. Д., Іванов С. В.,  
Фабуляк Ф. Г., Грушак З. В., 2009  
© НАУ, 2009



## ВСТУП

### Роль полімерів у народному господарстві та завдання фізико-хімічної науки

**В**исокомолекулярні сполуки та полімери являють собою особливий клас речовин, які мають дуже цінні та своїрідні властивості, зумовлені знаходженням у них молекул-гігантів ланцюгової будови. Речовина, молекули якої складаються з багатьох різних за природою структурних ланок, називається *високомолекулярною сполукою*.

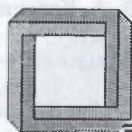
Якщо ж великі молекули складаються з одного, двох, трьох типів повторюваних структурних одиниць однакового хімічного складу, тоді речовина називається *полімером*.

Практично термін «полімери» часто застосовують для позначення всіх високомолекулярних сполук.

Високомолекулярні сполуки та полімери дуже поширені в природі — це тваринні та рослинні білки, вуглеводи (целюлоза та крохмаль), натуральний каучук, смоли та багато інших речовин. З кожним роком зростає кількість полімерів, які створюються штучно, розширюються сфери їх застосування, і сьогодні хімія здатна не тільки відтворювати природні полімери, як, наприклад, натуральний каучук, деякі білки, а й багато нових синтетичних полімерних речовин, яких у природі немає.

У наш час часто ту чи іншу науку — кібернетику, ядерну фізику чи молекулярну біологію — називають «наукою століття». До таких наук належить й найстаріша наука — хімія, що вивчає перетворення речовини, результатом розвитку якої було створення нових сполук, які відкрили дорогу технічній революції, та такі невідомі раніше, але дуже потрібні у наш час речовини — барвники, антибіотики, каучуки, пластмаси, синтетичні волокна, висококалорійне паливо і т.д. Вже давно використовуються природні високомолекулярні сполуки: целюлоза, крохмаль, білки, шкіра, вовна, шовк, хутро, каучук, які мають багато цінних властивостей. З часом учені





## Зміст

ВСТУП. Роль полімерів у народному господарстві та завдання фізико-хімічної науки. . . . .	3
<b>РОЗДІЛ 1. Основні поняття і номенклатура полімерів . . . . .</b>	<b>7</b>
1.1. Основні терміни і визначення . . . . .	7
1.2. Класифікація полімерів. . . . .	12
1.3. Особливості будови полімерів. . . . .	19
1.4. Регулярні та нерегулярні полімери. . . . .	20
1.5. Здобування полімерів . . . . .	23
Контрольні запитання та завдання . . . . .	25
<b>РОЗДІЛ 2. Фазові стани і фазові переходи полімерів . . . . .</b>	<b>26</b>
2.1. Агрегатні і фазові переходи речовин . . . . .	26
2.2. Особливості впорядкованого стану полімерів . . . . .	29
2.3. Кристалізація і склування полімерів. Фізичні стани аморфних полімерів. . . . .	30
2.4. Температура плавлення і будова макромолекули. . . . .	40
2.5. Вільний об'єм полімеру і коефіцієнти упаковки макромолекул . . . . .	42
Контрольні запитання та завдання . . . . .	46
<b>РОЗДІЛ 3. Вискоеластичний стан полімерів . . . . .</b>	<b>47</b>
3.1. Пружна деформація. . . . .	48
3.2. Необоротна деформація течії . . . . .	51
3.3. В'язкопружні тіла . . . . .	52
3.4. Вискоеластична деформація. . . . .	55
3.5. Принцип температурно-часової суперпозиції . . . . .	65
3.6. Час релаксації й енергія активації вискоеластичної деформації. . . . .	69
3.7. Вискоеластична деформація і будова полімерів . . . . .	70
3.8. Механічні втрати . . . . .	71
3.9. Повзучість полімерних матеріалів . . . . .	72
3.10. Практичне значення релаксаційних процесів. . . . .	74
Контрольні запитання та завдання . . . . .	76
<b>РОЗДІЛ 4. Перехід полімерів із вискоеластичного у склоподібний і в'язкотекучий стани. . . . .</b>	<b>77</b>
4.1. Релаксаційний характер процесу склування . . . . .	77
4.2. Механізм процесу склування . . . . .	79
4.3. Методи визначення температури склування . . . . .	81
4.4. Структурне і механічне склування . . . . .	87
4.5. Хімічна будова полімерів і температура склування . . . . .	88
4.6. Вплив молекулярної маси полімеру на температуру склування . . . . .	91
4.7. Термомеханічний метод дослідження полімерів . . . . .	91
Контрольні запитання та завдання . . . . .	99

<b>РОЗДІЛ 5. Деформаційні властивості і механічна</b>	
<b>міцність полімерів</b>	100
5.1. Деформаційні властивості полімерів	101
5.2. Деформаційні властивості кристалічних полімерів	110
5.3. Механічна міцність і довговічність полімерів	112
5.4. Термофлуктуаційний характер руйнування.	
Природа зв'язків, що рвуться	118
5.5. Механічна міцність і структура полімеру	123
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	129
<b>РОЗДІЛ 6. Реологічні властивості полімерів</b>	
<b>у текучому стані.</b>	130
6.1. Параметри, що характеризують режим деформації зсування	130
6.2. Найпростіші випадки деформації полімерів.	
Розвиток усталеної течії	132
6.3. В'язкість полімерних систем	136
6.4. Вискоеластичність текучих полімерних систем	151
6.5. Динамічні властивості та релаксаційний спектр	
полімерних систем	154
6.6. Поздовжня в'язкість полімерних систем	157
6.7. В'язкість полімерних систем при всебічному стисненні	161
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	162
<b>РОЗДІЛ 7. Електричні властивості полімерів</b>	163
7.1. Електричні властивості полімерних діелектриків	163
7.2. Вплив хімічної будови полімеру на діелектричні втрати	174
7.3. Діелектрична поляризація та дипольні моменти полімерів	180
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	187
<b>РОЗДІЛ 8. Деякі види полімерів</b>	188
8.1. Відмінності високомолекулярних сполук від	
низькомолекулярних	188
8.2. Гетероланцюгові високомолекулярні сполуки	209
8.3. Неорганічні й елементорганічні полімери	259
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	265
<b>РОЗДІЛ 9. Розчини полімерів</b>	266
9.1. Природа розчинів полімерів	266
9.2. Кінетика набухання і розчинення полімерів	272
9.3. Термодинаміка розчинення	276
9.4. Розбавлені розчини полімерів	283
9.5. Оцінка форми макромолекули	284
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	288
<b>РОЗДІЛ 10. Пластифікатори і пластифікація</b>	289
10.1. Вплив пластифікаторів на властивості полімерів	289
10.2. Взаємна розчинність полімерів	295
10.3. Внутрішня пластифікація	296
10.4. Пластифікація гумових еластомерів	297
10.5. Пластифікатори і пом'якшувачі	300
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	307
<b>Список літератури</b>	308

*Навчальне видання*

МАСЛЕННИКОВА Людмила Дмитрівна  
ІВАНОВ Сергій Віталійович  
ФАБУЛЯК Федір Григорович  
ГРУШАК Зоя Василівна

## ФІЗИКО-ХІМІЯ ПОЛІМЕРІВ

Підручник

Коректор *А. Бородавко*  
Технічний редактор *А. Лавринович*  
Художник обкладинки *Т. Зябілцева*  
Верстка *Л. Колодіної*

Підп. до друку 02.10.09. Формат 60х90  $\frac{1}{16}$ . Папір офс.  
Офс друк. Ум. друк. арк. 19,5. Обл.-вид. арк. 19,5.  
Тираж 300 пр. Замовлення № 2753/520

Видавництво Національного авіаційного університету «НАУ-друк»  
03680, Київ-58, просп. Космонавта Комарова, 1

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002

Надруковано з готових позитивів у ТОВ «Видавництво Фоліо»  
61002, Харків, вул. Чубаря, 11